

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

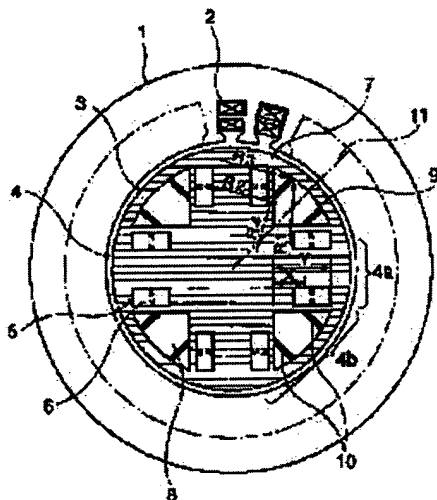
(11)Publication number : 2000-316262

(43)Date of publication of application :
14.11.2000

(51)Int.Cl. H02K 19/10
H02K 1/27

(21)Application number : 11-122000
(22)Date of filing : 28.04.1999

(71)Applicant : TOSHIBA CORP
(72)Inventor : TAKAHASHI NORIO
HASHIBA YUTAKA
SAKAI KAZUTO
SHIN MASANORI
TSUTSUI KOJI



(54) PERMANENT MAGNET RELUCTANCE

ROTATING ELECTRIC MACHINE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a permanent magnet reluctance rotating electric machine, wherein high speed rotation is enabled by reducing stress on a core retaining centrifugal force of a permanent magnet which is generated during rotation, scattering of the permanent magnet, breakdown of a rotor, etc., during rotation are eliminated, reliability is high, and moreover manufacturing is improved by using a structure easy for assembling.

SOLUTION: This rotating electric machine is constituted by installing a stator 1 having armature coils 2, and a rotor 3 having magnetic unevenness in the circumferential direction, which is obtained by arranging permanent magnets 6 canceling magnetic flux of an armature which passes between neighboring poles in a core 4 and arranging nonmagnetic parts 8 on the outer peripheral side of the permanent magnets 6 between

magnetic poles. In this permanent magnet reluctance rotating electric machine, at least one pillar 10 is arranged in the nonmagnetic part 8 on the outer peripheral side of the permanent magnet 6 between poles 4b, and a bridge structure is obtained.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.09.1999
[Date of sending the examiner's decision of rejection] 06.03.2001
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number] 3210642
[Date of registration] 13.07.2001
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-316262
(P2000-316262A)

(43)公開日 平成12年11月14日 (2000. 11. 14)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マコード* (参考)

H 0 2 K 19/10

H 0 2 K 19/10

A 5 H 6 1 9

1/27

5 0 1

1/27

5 0 1 A

5 H 6 2 2

5 0 1 M

審査請求 有 請求項の数20 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願平11-122000

(22)出願日 平成11年4月28日 (1999. 4. 28)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 高橋 則雄

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地

株式会社東芝京浜事業所内

(72)発明者 橋場 豊

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地

株式会社東芝京浜事業所内

(74)代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

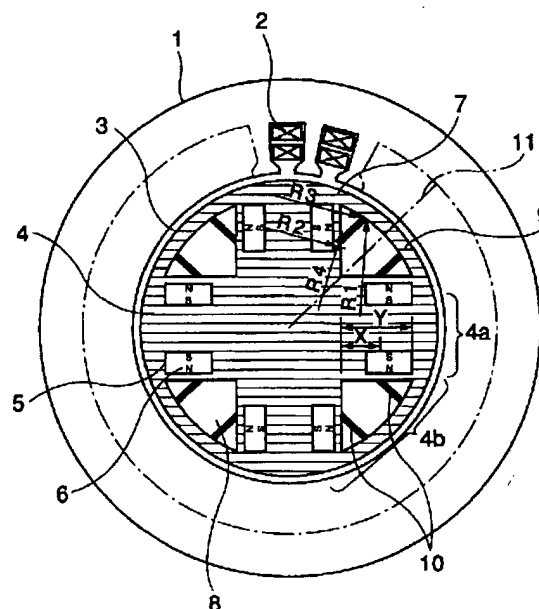
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 永久磁石式リラクタンス型回転電機

(57)【要約】

【課題】回転中に生ずる永久磁石の遠心力を支える鉄心の発生応力を小さくして高速回転が可能で、かつ回転中の永久磁石の飛散、回転子の破損等を生ずることがなく信頼性が高く、しかも組立てが容易な構造で製造性を向上させること。

【解決手段】電機子コイル2を有する固定子1と、互いに隣り合う磁極間を通る電機子の磁束を打ち消すような永久磁石6を鉄心4内に設け、かつ磁極間の永久磁石6外周側に非磁性部8を設けることによって、周方向に磁氣的凹凸を有する回転子3とを備えて構成される永久磁石式リラクタンス型回転電機において、磁極間4bの永久磁石6外周側の非磁性部8に、少なくとも1本の柱10を有してブリッジ構造とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電機子コイルを有する固定子と、互いに隣り合う磁極間を通る電機子の磁束を打ち消すような永久磁石を鉄心内に設け、かつ前記磁極間の永久磁石外周側に非磁性部を設けることによって、周方向に磁氣的凹凸を有する回転子とを備えて構成される永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記磁極間の永久磁石外周側の非磁性部に、少なくとも 1 本の柱を有してブリッジ構造としたことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 2】 前記請求項 1 に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記磁極間の永久磁石外周側の非磁性部に、複数本の柱を有してブリッジ構造とし、かつ当該複数本の柱を交差させたことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 3】 前記請求項 1 に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記磁極間の永久磁石外周側の非磁性部の柱部分の断面積を、前記永久磁石外周側の非磁性部の断面積に対して、5%～30%の割合の断面積としたことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 4】 前記請求項 1 または請求項 3 に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記磁極間の永久磁石外周側の非磁性部の柱の位置を、磁極に沿った一辺の長さに対して、前記磁極間中心から磁極に沿った辺の長さ方向に向かって、25%～45%の割合の位置としたことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 5】 前記請求項 1、請求項 3、または請求項 4 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記磁極間の永久磁石外周側の非磁性部の柱の前記磁極間中心側の外周側と内径側の柱付け根部の曲率半径の形状を、内径側柱付け根部の曲率半径に対して、外周側柱付け根部の曲率半径を、希土類永久磁石を用いる場合には 55%～65%の割合の曲率半径とし、またフェライト系永久磁石を用いる場合には 15%～25%の割合の曲率半径とし、かつ前記磁極間中心と反対側の外周側と内径側の柱付け根部の曲率半径の形状を、外周側柱付け根部の曲率半径に対して、内径側柱付け根部の曲率半径を、希土類永久磁石を用いる場合には 60%～70%の割合の曲率半径とし、またフェライト系永久磁石を用いる場合には 45%～55%の割合の曲率半径としたことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 6】 前記請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記分割した永久磁石間の鉄心の柱部の断面積を、前記鉄心の永久磁石を挿入する穴の断面積に対して、5%～

20%の割合の断面積としたことを特徴する永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 7】 前記請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、

前記鉄心の永久磁石を挿入する穴の角部の曲率半径の形状を、当該鉄心に挿入する永久磁石の着磁方向にほぼ平行な方向の幅に対して、前記磁極間中心側の外周側柱付け根部の曲率半径、内周側柱付け根部の曲率半径、および前記磁極間中心と反対側の永久磁石挿入側角部の曲率半径を、希土類永久磁石を用いる場合には 55%～65%：35%～45%：55%～65%の割合の曲率半径とし、またフェライト系永久磁石を用いる場合には 40%～50%：20%～30%：55%～65%の割合の曲率半径としたことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 8】 前記請求項 6 または請求項 7 に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記永久磁石を挿入する前記鉄心の永久磁石埋め込み穴に、空隙部を設けたことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 9】 電機子コイルを有する固定子と、互いに隣り合う磁極間を通る電機子の磁束を打ち消すような永久磁石を鉄心内に設け、かつ前記磁極間の永久磁石外周側に非磁性部を設けることによって、周方向に磁氣的凹凸を有する回転子とを備えて構成される永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記永久磁石と当該永久磁石を挿入する鉄心の穴形状を U の字型のアーチ形状としたことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 10】 前記請求項 9 に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記永久磁石を挿入する前記鉄心の永久磁石埋め込み穴に、空隙部を設けたことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 11】 前記請求項 8 または請求項 10 に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記永久磁石を挿入する前記鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部を、軽量かつ高強度の非磁性材料で埋めたことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 12】 前記請求項 8 または請求項 10 に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記永久磁石を挿入する前記鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部を、ボンド状の充填材で埋めて、固化させたことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 13】 前記請求項 8 または請求項 10 に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記永久磁石を挿入する前記鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部を、発泡性樹脂で埋めて、固化させたことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 14】 前記請求項 8 または請求項 10 に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記永久磁石を挿入する前記鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部に、軽量かつ高強度の非磁性材料からなる円形棒を挿入したことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 15】 前記請求項 8 または請求項 10 に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記永久磁石を挿入する前記鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部に、軽量かつ高強度の非磁性材料からなり、かつ前記鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部の内側に少なくとも 3 点の角部が接する多角形の棒を挿入したことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 16】 前記請求項 14 または請求項 15 に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記永久磁石を挿入する前記鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部に挿入した円形棒、または多角形棒を、円形、若しくは多角形パイプとしたことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 17】 前記請求項 14 乃至請求項 16 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記永久磁石を挿入する前記鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部に挿入した円形棒、多角形棒、若しくはパイプと前記永久磁石との間に、非磁性かつ非導電性の板状の材料を挟んだことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 18】 前記請求項 14 乃至請求項 16 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記永久磁石を挿入する前記鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部に挿入した円形棒、多角形棒、若しくはパイプと前記永久磁石との間に挟む板状の材料を、接着せずに挟み込んだことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 19】 前記請求項 6 乃至請求項 18 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記永久磁石と当該永久磁石を挿入する前記鉄心の永久磁石埋め込み穴の形状を、テーパー形状としたことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【請求項 20】 前記請求項 6 乃至請求項 19 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、前記永久磁石と当該永久磁石を挿入する前記鉄心の永久磁石埋め込み穴との間に、フィルム状の材料を挟み込んだことを特徴とする永久磁石式リラクタンス型回転電機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、新規な磁極構成により、小型かつ高出力で広範囲の運転が可能となる永久磁石を複合した永久磁石式リラクタンス型回転電機に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図 8 は、従来の永久磁石式リラクタンス型回転電機の構成例を示す径方向断面図である。

【0003】 図 8 において、固定子 1 は電機子コイル 2 を有し、回転子 3 を内部に収容している。

【0004】 また、回転子 3 は、回転子鉄心（以下、単に鉄心と称する）4 と永久磁石 6 とを備えている。

【0005】 回転子鉄心 4 は、磁化の容易方向と困難方向を形成している。すなわち、鉄心 4 は、磁氣的に凹凸を形成するために、磁化容易方向に沿って 8 個の永久磁石 6 を埋め込む永久磁石埋め込み穴 5 を設けた電磁鋼板を積層して構成されている。そして、この 8 個の永久磁石埋め込み穴 5 は、十字状に配置されることにより、4 極の凸極を形成している。つまり、平行な 2 つの永久磁石埋め込み穴 5 で挟まれる部分が、磁極的な凹部で磁極間 4 b となる。

【0006】 さらに、互いに隣り合う磁極間 4 b を通る電機子電流の磁束を打ち消すように、磁化された永久磁石 6 を永久磁石埋め込み穴 5 に配置している。すなわち、磁極部 4 a の両側にある永久磁石 6 の関係は、磁化方向が同一であり、磁極間 4 b 部の両側に位置する 2 つの永久磁石 6 は、回転子 3 の円周方向において互いに磁化方向は逆となる。そして、この永久磁石 6 は、好ましくはほぼ周方向に、より好ましくは磁極軸にほぼ垂直な方向に磁化されている。

【0007】 次に、かかる永久磁石式リラクタンス型回転電機の作用について説明する。

【0008】 図 9 は、d 軸の電機子電流による鉄心 4 の磁極軸に沿った方向の成分の磁束 ϕ_d を示しており、磁極部 4 a の鉄心を磁路とするため、この方向の磁路では磁気抵抗が極めて小であり、磁束が流れ易い磁氣的構成になっている。なお、図 9 中、8 は非磁性部を示している。

【0009】 図 10 は、q 軸の電機子電流による磁極間 4 b を中心とした径方向の軸に沿った方向の成分の磁束 ϕ_q を示している。この磁極間 4 b の磁束 ϕ_q は、磁極間 4 b の永久磁石 6 を横断する磁路を形成するが、永久磁石 6 の比透磁率がほぼ 1 であることから、永久磁石 6 の高磁気抵抗の作用によって、電機子電流による磁束は低下する。

【0010】 磁極間 4 b の永久磁石 6 は、磁極軸とほぼ垂直方向に磁化されており、図 11 に示すように、永久磁石 6 で発生した磁束は、鉄心 4 の外周の境界の磁性部 7 を周方向に流れ、磁極部 4 a を通って、自己の反対の極に戻る磁気回路 ϕ_{ma} を形成している。

【0011】 また、永久磁石 6 の一部の磁束は、空隙を

介して固定子1を通り、回転子3の磁極部4a、または隣極の永久磁石6を通して、元の永久磁石6に戻る磁気回路 ϕ_{mb} も形成している。

【0012】この永久磁石6の鎖交磁束は、図10に示すように、q軸の電機子電流による磁極間4b中心軸方向成分の磁束 ϕ_q と逆方向に分布して、磁極間4bから侵入する電機子磁束 ϕ_q を反発し、打ち消し合う。

【0013】磁極間4b上の空隙部においては、永久磁石6の磁束によって電機子電流が作る空隙磁束密度が低下することになり、磁極上の空隙磁束密度と比較して大きく変化することになる。すなわち、回転子3の位置に対する空隙磁束密度の変化が大となり、磁気エネルギー変化が大となる。

【0014】さらに、負荷時においては、磁極と磁極間の境界で磁的に短絡する磁性部7があり、負荷電流によって強く磁気飽和する。これにより、磁極間4bに分布する永久磁石6の磁束が増加する。

【0015】従って、永久磁石6の磁気抵抗と永久磁石6の磁束によって、空隙磁束密度分布に変化の大きな凹凸ができるので、磁気エネルギー変化が著しく大となり、大きな出力が得られる。

【0016】広範囲の可変速運転を得る端子電圧の調整幅については、次のような作用となる。

【0017】すなわち、かかる従来の永久磁石式リラクタンس型回転電機においては、磁極間4bの凹の部分の一部のみに永久磁石6があることから、回転子3表面のほぼ全周に永久磁石6がある一般的な永久磁石型回転電機よりも永久磁石6の表面積が狭くなり、永久磁石6による鎖交磁束量も少なくなっている。

【0018】さらに、無励磁状態では、永久磁石6のほとんどの磁束は、磁極境界部の磁性部7を通して、鉄心4内の漏れ磁束となる。従って、この状態では、誘導電圧は極めて小にできるので、無励磁時の鉄損は少なくなる。

【0019】また、電機子コイル2が短絡故障した時にも、過電流が小になる。負荷時には、永久磁石6による鎖交磁束に、電機子電流（リラクタンس回転電機の励磁電流成分とトルク電流成分）による鎖交磁束が加わって、端子電圧を誘導する。

【0020】一般的な永久磁石型回転電機では、永久磁石6の鎖交磁束が端子電圧のほとんどを占めているので、端子電圧を調整することは困難であるが、この永久磁石式リラクタンス型回転電機は、永久磁石6の鎖交磁束が小であるので、励磁電流成分を広く調整することによって、端子電圧を幅広く調整することができる。

【0021】すなわち、速度に応じて電圧が電源電圧以下となるように励磁電流成分を調整することができるので、基底速度から一定電圧で広範囲の可変速運転を行なうことが可能となる。

【0022】また、強制的制御で弱め界磁を行なって電

圧を抑制していないので、高速回転時に制御が動作しなくても、過電圧が発生することはない。

【0023】さらに、永久磁石6の磁束の一部 ϕ_{ma} が、磁氣的短絡の磁性部7を通して漏れるため、永久磁石6内部の反磁界を小とすることができる。

【0024】すなわち、永久磁石6のB（磁束密度）-H（磁界の強さ）特性である減磁曲線上の動作点が高くなり（パーミアンス係数は大となる）、温度、電機子反作用に対する耐減磁特性が向上する。

【0025】また、同時に、永久磁石6を鉄心4内に埋め込むことになるので、鉄心4が永久磁石6の保持機構となって、回転により永久磁石6が飛散するのを防止することができる。

【0026】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記のような従来の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、鉄心4の永久磁石6が埋め込まれている永久磁石埋め込み穴5の周辺、特に磁極間4bの外縁側は、永久磁石6より発生する磁束の漏れを少なくするために、できる限り径方向に狭く設定されることから、意外にも永久磁石6の遠心力を支えることは難しく、特に高速回転機に適用しようとした場合には、永久磁石6の飛散、回転子3の破損が生じ、回転電機として成立できない原因となっている。

【0027】本発明の目的は、回転中に生ずる永久磁石の遠心力を支える鉄心の発生応力を小さくして高速回転が可能で、かつ回転中の永久磁石の飛散、回転子の破損等を生ずることがなく信頼性が高く、しかも組立てが容易な構造で製造性を向上させることが可能な永久磁石式リラクタンス型回転電機を提供することにある。

【0028】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、請求項1の発明では、電機子コイルを有する固定子と、互いに隣り合う磁極間を通る電機子の磁束を打ち消すような永久磁石を鉄心内に設け、かつ磁極間の永久磁石外周側に非磁性部を設けることによって、周方向に磁氣的凹凸を有する回転子とを備えて構成される永久磁石式リラクタンス型回転電機において、磁極間の永久磁石外周側の非磁性部に、少なくとも1本の柱を有してブリッジ構造としている。

【0029】従って、請求項1の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、磁極間の永久磁石外周側の非磁性部に、少なくとも1本の柱を有していることにより、回転遠心力による鉄心の非磁性部外周側の変形が非磁性部の柱によって拘束されるため、鉄心の応力値を小さくすることができ、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0030】また、請求項2の発明では、上記請求項1の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、磁極間の永久磁石外周側の非磁性部に、複数本の柱を有

してブリッジ構造とし、かつ当該複数本の柱を交差させている。

【0031】従って、請求項2の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、磁極間の永久磁石外周側の非磁性部の複数本の柱を交差させていることにより、回転遠心力による鉄心の非磁性部外周側の変形が交差させた非磁性部の柱によって拘束されるため、鉄心の応力値を小さくすることができ、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0032】さらに、請求項3の発明では、上記請求項1の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、磁極間の永久磁石外周側の非磁性部の柱部分の断面積を、永久磁石外周側の非磁性部の断面積に対して、5%～30%の割合の断面積としている。

【0033】従って、請求項3の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、磁極間の永久磁石外周側の非磁性部の柱部分の断面積を、永久磁石外周側の非磁性部の断面積に対して、5%～30%の割合の断面積として、鉄心に生じる応力値を小さくする最適な形状としていることにより、電気的にも構造強度的にも最適な構造となっており、高出力、かつより高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0034】一方、請求項4の発明では、上記請求項1または請求項3の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、磁極間の永久磁石外周側の非磁性部の柱の位置を、磁極に沿った一辺の長さに対して、磁極間中心から磁極に沿った辺の長さ方向に向かって、25%～45%の割合の位置としている。

【0035】従って、請求項4の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、磁極間の永久磁石外周側の非磁性部の柱の位置を、磁極に沿った一辺の長さに対して、磁極間中心から磁極に沿った辺の長さ方向に向かって、25%～45%の割合の位置として、鉄心に生じる応力値を小さくする最適な位置としていることにより、永久磁石の遠心力による力が磁極間中心側、若しくは磁極間中心と反対側に偏り、どちらか一方の永久磁石埋め込み穴に応力が集中しないような最適な位置となっているため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0036】また、請求項5の発明では、上記請求項1、請求項3、または請求項4のいずれか1項の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、磁極間の永久磁石外周側の非磁性部の柱の磁極間中心側の外周側と内径側の柱付け根部の曲率半径の形状を、内径側柱付け根部の曲率半径に対して、外周側柱付け根部の曲率半径を、希土類永久磁石を用いる場合には55%～65%の割合の曲率半径とし、またフェライト系永久磁石を用いる場合には15%～25%の割合の曲率半径とし、かつ磁極間中心と反対側の外周側と内径側の柱付け根部の曲率半径の形状を、外周側柱付け根部の曲率半径に対し

て、内径側柱付け根部の曲率半径を、希土類永久磁石を用いる場合には60%～70%の割合の曲率半径とし、またフェライト系永久磁石を用いる場合には45%～55%の割合の曲率半径としている。

【0037】従って、請求項5の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、磁極間の永久磁石外周側の非磁性部の柱の磁極間中心側の外周側と内径側の柱付け根部の曲率半径の形状を、内径側柱付け根部の曲率半径に対して、外周側柱付け根部の曲率半径を、希土類永久磁石を用いる場合には55%～65%の割合の曲率半径とし、またフェライト系永久磁石を用いる場合には15%～25%の割合の曲率半径とし、かつ磁極間中心と反対側の外周側と内径側の柱付け根部の曲率半径の形状を、外周側柱付け根部の曲率半径に対して、内径側柱付け根部の曲率半径を、希土類永久磁石を用いる場合には60%～70%の割合の曲率半径とし、またフェライト系永久磁石を用いる場合には45%～55%の割合の曲率半径としていることにより、鉄心の永久磁石外周側の非磁性部の角部に集中する応力値を最も小さくすることができる形状となっているため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0038】さらに、請求項6の発明では、記請求項1乃至請求項5のいずれか1項の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、分割した永久磁石間の鉄心の柱部の断面積を、鉄心の永久磁石を挿入する穴の断面積に対して、5%～20%の割合の断面積としている。

【0039】従って、請求項6の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、分割した永久磁石間の鉄心の柱部の断面積を、鉄心の永久磁石を挿入する穴の断面積に対して、5%～20%の割合の断面積としていることにより、回転電機の性能を低下させずに、鉄心に生じる応力値を小さくする最適な形状とすることができるため、電気的にも構造強度的にも最適な構造となっており、高出力、かつより高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0040】また、請求項7の発明では、上記請求項1乃至請求項6のいずれか1項の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、鉄心の永久磁石を挿入する穴の角部の曲率半径の形状を、当該鉄心に挿入する永久磁石の着磁方向にほぼ平行な方向の幅に対して、磁極間中心側の外周側柱付け根部の曲率半径、内周側柱付け根部の曲率半径、および磁極間中心と反対側の永久磁石挿入側角部の曲率半径を、希土類永久磁石を用いる場合には55%～65%：35%～45%：55%～65%の割合の曲率半径とし、またフェライト系永久磁石を用いる場合には40%～50%：20%～30%：55%～65%の割合の曲率半径としている。

【0041】従って、請求項7の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、鉄心の永久磁石を挿入する穴の角部の曲率半径の形状を、当該鉄心に挿入する

永久磁石の着磁方向にほぼ平行な方向の幅に対して、磁極間中心側の外周側柱付け根部の曲率半径、内周側柱付け根部の曲率半径、および磁極間中心と反対側の永久磁石挿入側角部の曲率半径を、希土類永久磁石を用いる場合には55%～65%：35%～45%：55%～65%の割合の曲率半径とし、またフェライト系永久磁石を用いる場合には40%～50%：20%～30%：55%～65%の割合の曲率半径としていることにより、鉄心の永久磁石埋め込み穴の角部に集中する応力値を最も小さくすることができる形状となっているため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0042】さらに、請求項8の発明では、上記請求項6または請求項7の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴に、空隙部を設けている。

【0043】従って、請求項8の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴に、空隙部を設けていることにより、永久磁石、および鉄心の付加質量となる部分の質量を減らすことで、付加質量部分の遠心力による力を小さくして、鉄心に生じる応力値を低下させることができるため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0044】一方、請求項9の発明では、電機子コイルを有する固定子と、互いに隣り合う磁極間を通る電機子の磁束を打ち消すような永久磁石を鉄心内に設け、かつ磁極間の永久磁石外周側に非磁性部を設けることによって、周方向に磁氣的凹凸を有する回転子とを備えて構成される永久磁石式リラクタンス型回転電機において、永久磁石と永久磁石を挿入する鉄心の穴形状をUの字型のアーチ形状としている。

【0045】従って、請求項9の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、永久磁石と永久磁石を挿入する鉄心の穴形状をUの字型のアーチ形状としていることにより、永久磁石の回転遠心力による力を鉄心の永久磁石埋め込み穴のアーチ形状外周側の面で支えるため、永久磁石と鉄心の永久磁石埋め込み穴に生じる応力集中をほとんど無くすることができ、永久磁石と鉄心の永久磁石埋め込み穴の応力値を小さくすることができるため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0046】また、請求項10の発明では、上記請求項9の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴に、空隙部を設けている。

【0047】従って、請求項10の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴に空隙部を設けていることにより、永久磁石の遠心力による力を全てアーチ部分の面

で支えるため、永久磁石と鉄心の永久磁石埋め込み穴に生じる応力集中をほとんど無くして、永久磁石と鉄心の永久磁石埋め込み穴の応力値を小さくすることができ、かつ永久磁石、および鉄心の付加質量となる部分の質量を減らすことで、付加質量部分の遠心力による力を小さくして、鉄心に生じる応力値を小さくすることができるため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0048】さらに、請求項11の発明では、上記請求項8または請求項10の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部を、軽量かつ高強度の非磁性材料で埋めている。

【0049】従って、請求項11の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部を、軽量かつ高強度の非磁性材料で埋めていることにより、回転時の永久磁石の遠心力によって生じる鉄心の永久磁石埋め込み穴の周辺の変位は、非磁性、非導電性、かつ軽量で圧縮剛性の大きな材料で支えられるため、鉄心に発生する応力が小さくなり、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0050】一方、請求項12の発明では、上記請求項8または請求項10の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部を、ボンド状の充填材で埋めて、固化させている。

【0051】従って、請求項12の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部を、ボンド状の充填材で埋めて、固化させていることにより、挿入後の永久磁石の脱落、ひび割れ等による永久磁石の欠損等を防止することができ、さらにボンド状の充填材であるため、永久磁石埋め込み穴の壁面に一様に接しており、永久磁石埋め込み穴の角部に片当たり等による応力集中を避けることができるため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0052】また、請求項13の発明では、上記請求項8または請求項10の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部を、発泡性樹脂で埋めて、固化させている。

【0053】従って、請求項13の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部を、発泡性樹脂で埋めて、固化させていることにより、永久磁石埋め込み穴の空隙部を樹脂で埋める際に、発泡性樹脂であるため体積が膨張して空隙部分を隙間なく覆い、かつ容易に埋め込み作業を行なうことができるため、作業時間を短縮することができる。さらに、空隙部挿入後の永久磁石の脱

落、ひび割れ等による永久磁石の欠損等を防止することができ、かつ柔軟な樹脂であるため、永久磁石埋め込み穴の壁面に一様に接しており、永久磁石埋め込み穴の角部に片当たり等による応力集中を避けることができるため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0054】さらに、請求項14の発明では、上記請求項8または請求項10の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部に、軽量かつ高強度の非磁性材料からなる円形棒を挿入している。

【0055】従って、請求項14の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部に、軽量かつ高強度の非磁性材料からなる円形棒を挿入していることにより、永久磁石の遠心力による鉄心の変位、および変形を円形棒によって支えられるため、鉄心に生じる応力が小さくなり、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0056】一方、請求項15の発明では、上記請求項8または請求項10の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部に、軽量かつ高強度の非磁性材料からなり、かつ鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部の内側に少なくとも3点の角部が接する多角形の棒を挿入している。

【0057】従って、請求項15の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部に、軽量かつ高強度の非磁性材料からなり、かつ鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部の内側に少なくとも3点の角部が接する多角形の棒を挿入していることにより、永久磁石の遠心力による鉄心の非磁性部外周側の変位、および変形が多角形棒によって支えられるため、鉄心に生じる応力が小さくなり、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。また、多角形棒であることにより、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴と永久磁石と接する多角形の面で支えられ、応力集中が生じない形状となっているため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0058】また、請求項16の発明では、上記請求項14または請求項15の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部に挿入した円形棒、または多角形棒を、円形、若しくは多角形パイプとしている。

【0059】従って、請求項16の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部に挿入した円形棒、または多角形棒を、円形、若しくは多角形パイプとしていることにより、永久磁石の遠心力による鉄心の非磁性

部外周側の変位、および変形を円形、若しくは多角形パイプによって支えられ、かつパイプ形状であることにより、軽量となって遠心力による力も小さくなるため、鉄心に生じる応力が小さくなり、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0060】さらに、請求項17の発明では、上記請求項14乃至請求項16のいずれか1項の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部に挿入した円形棒、多角形棒、若しくはパイプと永久磁石との間に、非磁性かつ非導電性の板状の材料を挟んでいる。

【0061】従って、請求項17の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部に挿入した円形棒、多角形棒、若しくはパイプと永久磁石との間に、非磁性かつ非導電性の板状の材料を挟んでいることにより、鉄心の組立時の永久磁石の破損等を防止し、かつ板状の材料を挟み込むことで永久磁石の位置を精度良く固定することができ、永久磁石の組立精度が大幅に向上し、さらに信頼性も向上させることができる。

【0062】一方、請求項18の発明では、上記請求項14乃至請求項16のいずれか1項の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部に挿入した円形棒、多角形棒、若しくはパイプと永久磁石との間に挟む板状の材料を、接着せずに挟み込んでいる。

【0063】従って、請求項18の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の空隙部に挿入した円形棒、多角形棒、若しくはパイプと永久磁石との間に挟む板状の材料を、接着せずに挟み込んでいることにより、鉄心の組立時に板状の材料を接着する作業を短縮することができ、鉄心の組立時の作業効率を大幅に向上させることができる。

【0064】また、請求項19の発明では、上記請求項6乃至請求項18のいずれか1項の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、永久磁石と当該永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の形状を、テイパー形状としている。

【0065】従って、請求項19の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、永久磁石と当該永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴の形状を、テイパー形状としていることにより、さらに、請求項20の発明では、上記請求項6乃至請求項19のいずれか1項の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機において、永久磁石と当該永久磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴との間に、フィルム状の材料を挟み込んでいる。

【0066】従って、請求項20の発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、永久磁石と当該永久

磁石を挿入する鉄心の永久磁石埋め込み穴との間に、薄いフィルム状の材料を挟み込んでいることにより、フィルム状の材料によって永久磁石が保護されるため、永久磁石の破損、および劣化等を防止することができ、信頼性、永久磁石の寿命を大幅に向上させることができる。

【0067】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0068】（第1の実施の形態：請求項1、3、4、5に対応）図1は、本実施の形態による永久磁石式リラクタンス型回転電機の構成例を示す径方向断面図であり、図8乃至図11と同一要素には同一符号を付して示している。

【0069】図1において、固定子1は電機子コイル2を有し、回転子3を内部に収容している。

【0070】また、回転子3は、鉄心4と永久磁石6とを備えている。

【0071】回転子鉄心4は、磁化の容易方向と困難方向を形成している。すなわち、鉄心4は、磁氣的に凹凸を形成するために、磁化容易方向に沿って8個の永久磁石6を埋め込む永久磁石埋め込み穴5を設けた電磁鋼板を積層して構成されている。そして、この8個の永久磁石埋め込み穴5は、十字状に配置されることにより、4極の凸極を形成している。つまり、平行な2つの永久磁石埋め込み穴5で挟まれる部分が、磁極的な凹部で磁極間4bとなる。

【0072】さらに、互いに隣り合う磁極間4bを通る電機子電流の磁束を打ち消すように、磁化された永久磁石6を永久磁石埋め込み穴5に配置している。すなわち、磁極部4aの両側にある永久磁石6の関係は、磁化方向が同一であり、磁極間4b部の両側に位置する2個の永久磁石6は、回転子3の円周方向において互いに磁化方向は逆となる。そして、この永久磁石6は、好ましくはほぼ周方向に、より好ましくは磁極軸にほぼ垂直な方向に磁化されている。

【0073】さらにまた、磁極間4b部にある非磁性部8は、空隙部となっている。

【0074】一方、本実施の形態では、磁極間4bの永久磁石外5周側の非磁性部8に、少なくとも1本の柱10を有してブリッジ構造としている。

【0075】また、磁極間4bの永久磁石6外周側の非磁性部8の柱10部分の断面積を、永久磁石6外周側の非磁性部8の断面積に対して、5%～30%の割合の断面積としている。

【0076】さらに、磁極間4bの永久磁石6外周側の非磁性部8の柱10の位置を、磁極に沿った一辺の長さに対して、磁極間中心11から磁極に沿った辺の長さ方向に向かって、25%～45%の割合の位置としている。

【0077】さらにまた、磁極間4bの永久磁石6外周

側の非磁性部8の柱10の磁極間中心11側の外周側と内径側の柱付け根部の曲率半径の形状を、内径側柱付け根部の曲率半径に対して、外周側柱付け根部の曲率半径を、希土類永久磁石を用いる場合には55%～65%の割合の曲率半径とし、またフェライト系永久磁石を用いる場合には15%～25%の割合の曲率半径とし、かつ磁極間中心11と反対側の外周側と内径側の柱付け根部の曲率半径の形状を、外周側柱付け根部の曲率半径に対して、内径側柱付け根部の曲率半径を、希土類永久磁石を用いる場合には60%～70%の割合の曲率半径とし、またフェライト系永久磁石を用いる場合には45%～55%の割合の曲率半径としている。

【0078】次に、以上のように構成した本実施の形態の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、前述した従来の永久磁石式リラクタンス型回転電機と同様に、永久磁石6の磁気抵抗と永久磁石6の磁束によって、空隙磁束密度分布に変化の大きな凹凸ができるので、磁気エネルギー変化が著しく大となり、大きな出力が得られると共に、安定に回転を行なうことができる。

【0079】一方、本実施の形態では、非磁性部8に、1本、若しくは複数本の柱10を有していることにより、回転遠心力による鉄心4の非磁性部8外周側の変形が非磁性部柱10によって拘束されるため、鉄心4の応力値を小さくすることができ、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0080】また、非磁性部の柱10の断面積を、非磁性部8の断面積に対して、5%～30%の割合の断面積としていることにより、電氣的には非磁性部8の柱10の磁気抵抗は大きい方が、鉄心4の磁氣的凹凸の差が大きく磁気エネルギーの変化が大となり大きな出力が得られるため、断面積は小さい方が好ましい。反対に、構造強度的には、回転遠心力による鉄心4の非磁性部8外周側の変形を拘束するため、断面積は大きい方が好ましい。

【0081】この点、本実施の形態では、この非磁性部8の柱10の断面積を最適な断面積の大きさとしていることにより、電氣的にも構造強度的にも最適な構造となっており、高出力、かつより高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0082】さらに、非磁性部8の柱10の位置を、非磁性部8の磁極に沿った一辺の長さ“Y”に対して、磁極間中心11から磁極に沿った方向の長さ方向に向かって、25%～45%の割合の位置“X”としていることにより、永久磁石6の遠心力による力が磁極間中心11側、若しくは磁極間中心11と反対側に偏って、どちらか一方の永久磁石埋め込み穴5に応力が集中しないような最適な位置となっているため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0083】さらにまた、非磁性部8の柱10の磁極間中心側11の外周側と内径側の柱付け根部の曲率半径の

形状を、内径側柱付け根部の曲率半径“R2”に対して、外周側柱付け根部の曲率半径“R1”を、希土類永久磁石を用いる場合には55%～65%、フェライト系永久磁石を用いる場合には15%～25%の割合の曲率半径とし、かつ磁極間中心11と反対側の外周側と内径側の柱付け根部の曲率半径の形状を、外周側柱付け根部の曲率半径“R3”に対して、内径側柱付け根部の曲率半径“R4”を、希土類永久磁石を用いる場合には60%～70%、フェライト系永久磁石を用いる場合には45%～55%の割合の曲率半径としていることにより、非磁性部8の柱10の付け根部に集中する応力値を最も小さくすることができる形状となっているため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0084】（第2の実施の形態：請求項2、6、7、8に対応）図2は、本実施の形態による永久磁石式リラクタンس型回転電機の構成例を示す径方向断面図であり、図1と同一要素には同一符号を付して示している。

【0085】図2において、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11は、図1の永久磁石式リラクタンس型回転電機の要素と同様である。

【0086】図2において、本実施の形態では、磁極間4bの永久磁石6外周側の非磁性部8に、複数本の柱10を有してブリッジ構造とし、かつこの複数本の柱10を交差させている。

【0087】また、分割した永久磁石6間の鉄心4の柱10部の断面積を、鉄心4の永久磁石6を挿入する穴5の断面積に対して、5%～20%の割合の断面積としている。

【0088】さらに、鉄心4の永久磁石6を挿入する穴5の角部の曲率半径の形状を、鉄心4に挿入する永久磁石6の着磁方向にほぼ平行な方向の幅に対して、磁極間中心11側の外周側柱付け根部の曲率半径、内周側柱付け根部の曲率半径、および磁極間中心11と反対側の永久磁石6挿入側角部の曲率半径を、希土類永久磁石を用いる場合には55%～65%：35%～45%：55%～65%の割合の曲率半径とし、またフェライト系永久磁石を用いる場合には40%～50%：20%～30%：55%～65%の割合の曲率半径としている。

【0089】さらにまた、永久磁石6を挿入する鉄心4の永久磁石埋め込み穴5に、空隙部12を設けている。

【0090】次に、以上のように構成した本実施の形態の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、非磁性部8の複数本の柱10を交差させていることにより、回転遠心力による鉄心4の非磁性部8外周側の変形が交差させた非磁性部8の柱10によって拘束されるため、鉄心4の応力値を小さくすることができ、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0091】また、分割した永久磁石6間の鉄心4の柱

10部“a”の断面積を、永久磁石6を挿入する鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の断面積に対して、5%～20%の割合の断面積としていることにより、電気的には永久磁石6間の柱10部“a”から漏れる漏れ磁束の量を小さくした方が出力の低下を抑えられることから、極力分割した永久磁石6間の柱10部“a”の断面積を小さくした方が好ましい。反対に、構造強度的には、回転遠心力による鉄心4の変形を拘束するため、断面積は大きい方が好ましい。

【0092】この点、本実施の形態では、その分割した永久磁石6間の柱10部“a”の断面積を最適な断面積の大きさとしていることにより、電気的にも構造強度的にも最適な構造となっており、高出力、かつより高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0093】さらに、鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の鉄心4に挿入する永久磁石6の着磁方向に平行な方向の幅“b”に対して、磁極間中心11側の外周側柱付け根部の曲率半径“R1”、内周側柱付け根部の曲率半径

“R2”、および磁極間中心11と反対側の永久磁石挿入側角部の曲率半径“R3”を、希土類永久磁石を用いる場合には、55%～65%：35%～45%：55%～65%の割合の曲率半径とし、またフェライト系永久磁石を用いる場合には、40%～50%：20%～30%：55%～65%の割合の曲率半径としていることにより、鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の角部に集中する応力値を最も小さくすることができる形状となっており、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0094】さらにまた、鉄心4の永久磁石埋め込み穴5に空隙部12を設けていることにより、永久磁石6、および鉄心4の付加質量となる部分の質量を減らすことで、付加質量部分の遠心力による力を小さくして、鉄心4に生じる応力値を小さくすることができるため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0095】（第3の実施の形態：請求項9、10、11、12、13に対応）図3は、本実施の形態による永久磁石式リラクタンス型回転電機の構成例を示す径方向断面図であり、図1と同一要素には同一符号を付して示している。

【0096】図3において、1、2、3、4、5、6、7、8、9、11、12は、図1の永久磁石式リラクタンス型回転電機の要素と同様である。

【0097】図3において、本実施の形態では、永久磁石6と永久磁石6を挿入する鉄心4の穴形状をUの字型のアーチ形状としている。

【0098】また、永久磁石6を挿入する鉄心4の永久磁石埋め込み穴5に、空隙部12を設けている。

【0099】一方、永久磁石6を挿入する鉄心4の永久

磁石埋め込み穴5の空隙部12を、軽量かつ高強度の非磁性材料で埋めている。

【0100】また、永久磁石6を挿入する鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の空隙部12を、ボンド状の充填材で埋めて、固化させている。

【0101】さらに、永久磁石6を挿入する鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の空隙部12を、発泡性樹脂で埋めて、固化させている。

【0102】次に、以上のように構成した本実施の形態の永久磁石式リラクタンس型回転電機においては、永久磁石6と鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の形状をUの字型のアーチ形状としていることにより、永久磁石6の回転遠心力による力を鉄心4の永久磁石埋め込み穴5のアーチ形状外周側の面で支えるため、永久磁石6と鉄心4の永久磁石埋め込み穴5に生じる応力集中をほとんど無くすることができ、永久磁石6と鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の応力値を小さくすることができるため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0103】また、永久磁石6を挿入する鉄心4の永久磁石埋め込み穴5に空隙部12を設けていることにより、永久磁石6の遠心力による力を全てアーチ部分の面で支えるため、永久磁石6と鉄心4の永久磁石埋め込み穴5に生じる応力集中をほとんど無くすることができ、永久磁石6と鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の応力値を小さくすることができ、かつ永久磁石6、および鉄心4の付加質量となる部分の質量を減らすことで、付加質量部分の遠心力による力を小さくして、鉄心4に生じる応力値を小さくすることができるため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0104】さらに、鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の空隙部12を、非磁性、非導電性、かつ軽量で圧縮剛性の大きな材料で埋めていることにより、回転時の永久磁石6の遠心力によって生じる鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の周辺の変位は、非磁性、非導電性、かつ軽量で圧縮剛性の大きな材料で支えられるため、鉄心4に発生する応力が小さくなるため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0105】また、鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の空隙部12を、ボンド状の充填材で埋めて、固化させていることにより、挿入後の永久磁石6の脱落、ひび割れ等による永久磁石6の欠損等を防止することができ、さらにボンド状の充填材であることにより、永久磁石埋め込み穴5の壁面に一様に接しており、永久磁石埋め込み穴5の角部に片当たり等による応力集中を避けることができるため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0106】さらに、鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の空隙部12を、発泡性樹脂で埋めて、固化させていることにより、永久磁石埋め込み穴5の空隙部12を樹脂で

埋める際に、発泡性樹脂であるため体積が膨張して空隙部分を隙間なく覆い、かつ容易に埋め込み作業を行なうことができるため、作業時間を短縮することができる。

【0107】さらにまた、空隙部12へ挿入後の永久磁石6の脱落、ひび割れ等による永久磁石6の欠損等を防止することができ、かつ柔軟な樹脂であるため、永久磁石埋め込み穴5の壁面に一様に接しており、永久磁石埋め込み穴5の角部に片当たり等による応力集中を避けることができるため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0108】（第4の実施の形態：請求項14に対応）図4は、本実施の形態による永久磁石式リラクタンス型回転電機の構成例を示す回転子径方向の1/4断面図であり、図3と同一要素には同一符号を付して示している。

【0109】図4において、3、4、5、6、8、12は、図3の永久磁石式リラクタンス型回転電機の要素と同様である。

【0110】図4において、本実施の形態では、永久磁石6を挿入する鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の空隙部12に、軽量かつ高強度の非磁性材料からなる円形棒13を挿入している。

【0111】次に、以上のように構成した本実施の形態の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の空隙部12に、軽量・高強度の非磁性材料からなる円形棒13を挿入していることにより、永久磁石6の遠心力による鉄心の変位、及び変形が円形棒13によって支えられるため、鉄心4に生じる応力が小さくなり、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0112】また、円形棒13であることにより、鉄心4の永久磁石埋め込み穴5と永久磁石6に片当たりすることなく接するため、応力が集中することがなく、より高い高速回転が可能となり、また信頼性も向上する。

【0113】（第5の実施の形態：請求項15に対応）図5は、本実施の形態による永久磁石式リラクタンス型回転電機の構成例を示す回転子径方向の1/4断面図であり、図3と同一要素には同一符号を付して示している。

【0114】図5において、3、4、5、6、8、12は、図3の永久磁石式リラクタンス型回転電機の要素と同様である。

【0115】図5において、本実施の形態では、永久磁石6を挿入する鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の空隙部12に、軽量かつ高強度の非磁性材料からなり、かつ鉄心の永久磁石埋め込み穴5の空隙部12の内側に少なくとも3点の角部が接する多角形の棒14を挿入している。

【0116】次に、以上のように構成した本実施の形態の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、永久

磁石埋め込み穴5の空隙部12に、軽量・高強度で非磁性材料からなり、かつ鉄心4の磁石埋め込み穴5の空隙部12の内側に少なくとも3点の角部が接する多角形棒14を挿入していることにより、永久磁石6の遠心力による鉄心4の非磁性部8外周側の変位、および変形が多角形棒14によって支えているので、回転子鉄心4に生じる応力が小さくなり、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上する。

【0117】また、多角形棒14であることにより、鉄心4の永久磁石埋め込み穴5と永久磁石6と接する多角形の面で支えられ、応力集中が生じない形状となっているため、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0118】（第6の実施の形態：請求項16，17，18に対応）図6は、本実施の形態による永久磁石式リラクタンس型回転電機の構成例を示す回転子径方向の1/4断面図であり、図3と同一要素には同一符号を付して示している。

【0119】図6において、3，4，5，6，8，12は、図3の永久磁石式リラクタンس型回転電機の要素と同様である。

【0120】図6において、本実施の形態では、永久磁石6を挿入する鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の空隙部12に挿入した円形棒13、または多角形棒14を、円形、若しくは多角形パイプ15としている。

【0121】また、永久磁石6を挿入する鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の空隙部12に挿入した円形棒13、多角形棒14、若しくはパイプ15と永久磁石6との間に、非磁性かつ非導電性の板状の材料16を挟んでいる。

【0122】さらに、永久磁石6を挿入する鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の空隙部12に挿入した円形棒13、多角形棒14、若しくはパイプ15と永久磁石6との間に挟む板状の材料16を、接着せずに挟み込んでいる。

【0123】次に、以上のように構成した本実施の形態の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、永久磁石6を挿入する鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の空隙部12に挿入した円形棒13、または多角形棒14を、円形、若しくは多角形パイプ15としていることにより、永久磁石6の遠心力による鉄心4の非磁性部外周側の変位、および変形が円形、若しくは多角形パイプ15によって支えられ、かつパイプ形状であることにより、軽量となり遠心力による力も小さくなるため、鉄心4に生じる応力が小さくなり、より高い高速運転が可能となり、また信頼性も向上させることができる。

【0124】また、鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の空隙部12に挿入した円形、若しくは多角形棒、パイプ15と永久磁石6との間に、非磁性・非導電性の板状の材料16を挟んでいることにより、鉄心4の組立時の永久

磁石6の破損等を防止し、かつ板状の材料16を挟み込んでいることにより、永久磁石6の位置を精度良く固定でき、永久磁石6の組立精度が大幅に向上し、さらに信頼性も向上させることができる。

【0125】さらに、鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の空隙部12に挿入した円形、若しくは多角形棒13、若しくは14、パイプ15との間に挟んだ板状の材料16を、接着剤等により接着せず挟み込んでいることにより、鉄心4の組立時に板状の材料を接着する作業を短縮することができ、大幅に作業効率を向上させることができる。

【0126】（第7の実施の形態：請求項19，20に対応）図7は、本実施の形態による永久磁石式リラクタンス型回転電機の構成例を示す回転子径方向の1/4断面図であり、図3と同一要素には同一符号を付して示している。

【0127】図7において、3，4，5，6，8，12は、図3の永久磁石式リラクタンス型回転電機の要素と同様である。

【0128】図7において、本実施の形態では、永久磁石6と永久磁石6を挿入する鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の形状を、テーパ形状としている。

【0129】また、永久磁石6と永久磁石6を挿入する鉄心4の永久磁石埋め込み穴5との間に、フィルム状の材料17を挟み込んでいる。

【0130】次に、以上のように構成した本実施の形態の永久磁石式リラクタンス型回転電機においては、永久磁石6と永久磁石6を挿入する鉄心4の永久磁石埋め込み穴5をテーパ形状としていることにより、鉄心4の永久磁石埋め込み穴5と永久磁石6との間の隙間が小さくなり、電気的特性を向上させることができる。

【0131】また、永久磁石6の回転遠心力による力を鉄心4の永久磁石埋め込み穴5のテーパ形状の面で支えるため、永久磁石6と鉄心4の永久磁石埋め込み穴5に生じる応力集中をほとんど無くすることができ、永久磁石6と鉄心4の永久磁石埋め込み穴5の応力値を小さくすることができるため、より高い高速運転が可能となり、かつ永久磁石6と永久磁石埋め込み穴5がテーパ形状であることにより、永久磁石6の位置を精度良く固定でき、永久磁石6の組立精度が大幅に向上し、さらに信頼性も向上させることができる。

【0132】さらに、永久磁石6と鉄心4の永久磁石埋め込み穴5との間にフィルム状の材料17を挟み込んでいることにより、フィルム状の材料17によって永久磁石6が保護されるため、永久磁石6の破損、および劣化等を防止することができ、信頼性、永久磁石の寿命を大幅に向上させることができる。

【0133】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の永久磁石式リラクタンス型回転電機によれば、永久磁石外周側の

非磁性部に少なくとも 1 本の柱を有してブリッジ構造とされているので、鉄心の永久磁石埋め込み穴の両端に加わる永久磁石の遠心力による力を均等にし、かつ鉄心の永久磁石埋め込み穴に軽比重の非磁性部を設けているので、永久磁石の質量を減らして永久磁石の遠心力による力を軽減し、総じて鉄心の永久磁石埋め込み穴の周辺部の応力および変位量を小さくして高速回転が可能となり、また信頼性も向上させることが可能となる。

【0134】また、鉄心の永久磁石埋め込み穴の非磁性部に、軽比重、高強度の円形、多角形棒、若しくはパイプを挿入しているため、永久磁石の欠落を防止し、かつ永久磁石と円形、若しくは多角形棒、パイプとの間に板状の材料を挟んでいるので、永久磁石挿入時の永久磁石損傷を保護して、永久磁石の信頼性、寿命が大幅に向上させることが可能となる。

【0135】また、永久磁石と鉄心の永久磁石埋め込み穴の形状をテーパ形状としているので、製作時の永久磁石の挿入を容易にし、かつ永久磁石と鉄心の永久磁石埋め込み穴との間にフィルム状の材料を挟み込んでいるので、永久磁石の錆等の劣化を防止して、寿命、信頼性を向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明による永久磁石式リラクタンス型回転電機の第 1 の実施の形態を示す径方向断面図。

【図 2】本発明による永久磁石式リラクタンス型回転電機の第 2 の実施の形態を示す径方向断面図。

【図 3】本発明による永久磁石式リラクタンス型回転電機の第 3 の実施の形態を示す径方向断面図。

【図 4】本発明による永久磁石式リラクタンス型回転電機の第 4 の実施の形態を示す回転子径方向の 1/4 断面図。

【図 5】本発明による永久磁石式リラクタンス型回転電機の第 5 の実施の形態を示す回転子径方向の 1/4 断面図。

【図 6】本発明による永久磁石式リラクタンス型回転電機の第 6 の実施の形態を示す回転子径方向の 1/4 断面図。

【図 7】本発明による永久磁石式リラクタンス型回転電機の第 7 の実施の形態を示す回転子径方向の 1/4 断面図。

図。

【図 8】従来の永久磁石式リラクタンス型回転電機の構成例を示す径方向断面図。

【図 9】従来の永久磁石式リラクタンス型回転電機における d 軸の電機子電流による回転子鉄心の磁極軸に沿った方向の成分の磁束 ϕ_d の流れの一例を示す径方向断面図。

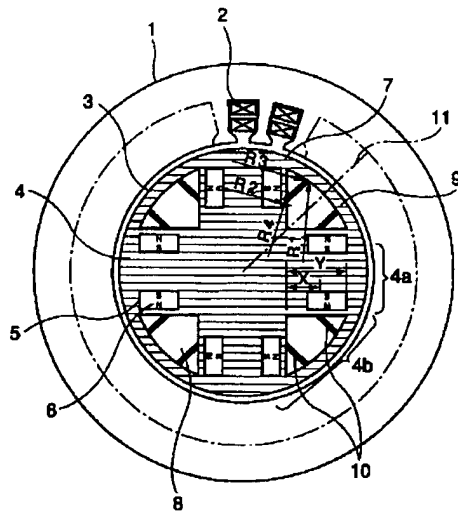
【図 10】従来の永久磁石式リラクタンス型回転電機における q 軸の電機子電流による磁極間 4 b を中心とした径方向の軸に沿った方向の成分の磁束 ϕ_q の流れの一例を示す径方向断面図。

【図 11】従来の永久磁石式リラクタンス型回転電機における永久磁石が発生する磁束の流れの一例を示す径方向断面図。

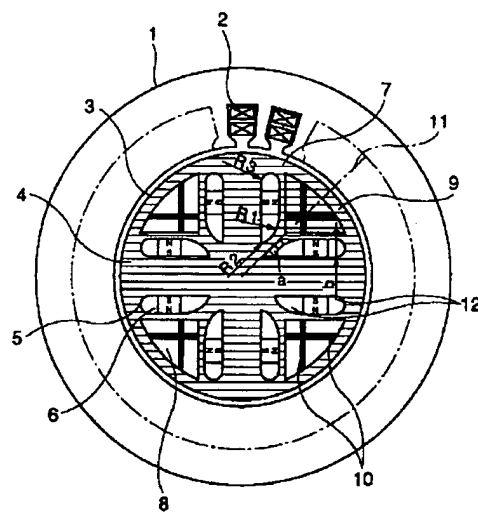
【符号の説明】

- 1…固定子
- 2…電機子コイル
- 3…回転子
- 4…鉄心
- 4 a…磁極部
- 4 b…磁極間
- 5…永久磁石埋め込み穴
- 6…永久磁石
- 7…磁性部
- 8…非磁性部
- 9…磁性部
- 10…非磁性部柱
- 11…磁極間中心
- 12…永久磁石埋め込み穴空隙部
- 13…円形棒
- 14…多角形棒
- 15…パイプ
- 16…板状材料
- 17…フィルム状材料
- ϕ_d …d 軸電流による磁束
- ϕ_q …q 軸電流による磁束
- ϕ_{ma} …永久磁石の磁束の流れ
- ϕ_{mb} …永久磁石の磁束の流れ。

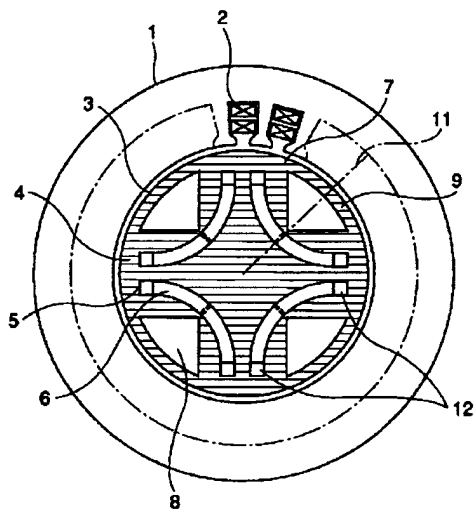
【図 1】



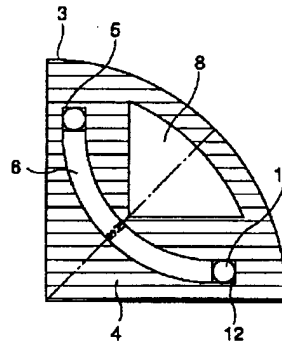
【図 2】



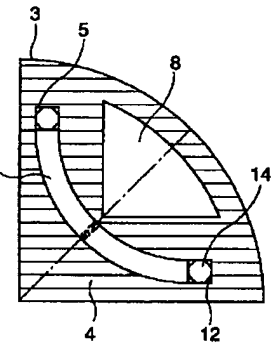
【図 3】



【図 4】

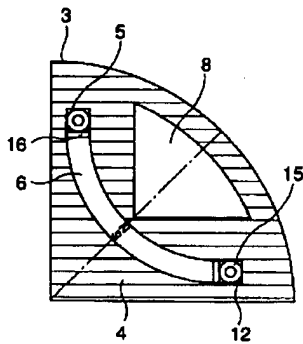


【図 5】

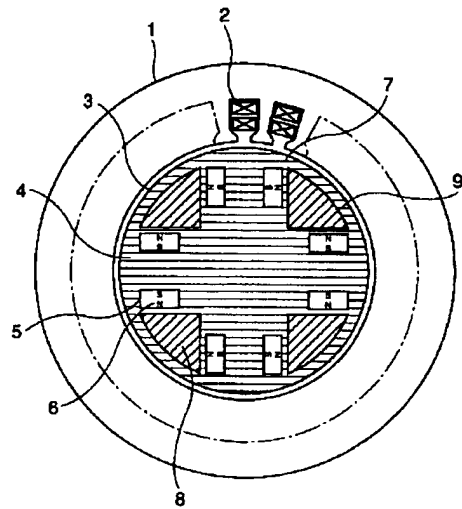
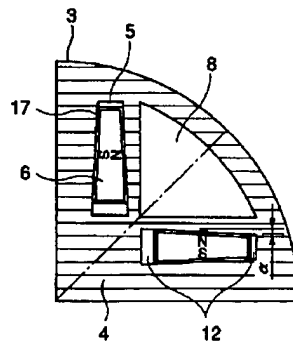


【図 8】

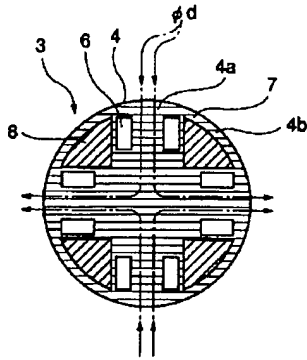
【図 6】



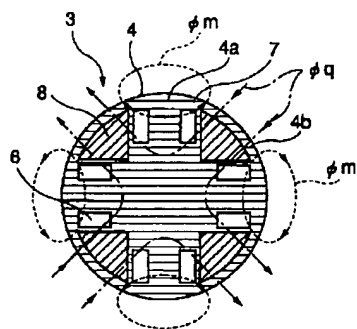
【図 7】



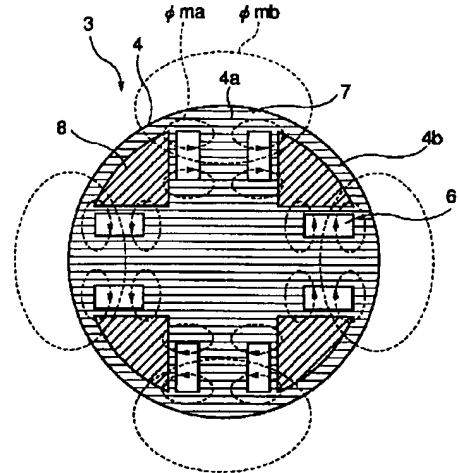
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(72)発明者 堀 和人

神奈川県横浜市鶴見区末広町 2 丁目 4 番地
株式会社東芝京浜事業所内

(72)発明者 新 政憲

神奈川県横浜市鶴見区末広町 2 丁目 4 番地
株式会社東芝京浜事業所内

(72)発明者 筒井 宏次

神奈川県横浜市鶴見区末広町 2 丁目 4 番地
株式会社東芝京浜事業所内

F ターム(参考) 5H619 AA00 AA01 AA03 AA05 BB02

BB22 BB24 PP02 PP04 PP08

5H622 AA03 CA02 CA07 CA13 CB03

DD01 DD02 PP05 QA01